امتحانات نیمسال اول ۹۷ – ۹۶		
نام درس: ماشین‌های الکتریکی ۲	مدت زمان امتحان: ۱۰۰ دقیقه	مبنای نمره کل: ۱۰۰
مشخصه درس:	نام و نام‌خانوادگی دانشجو:	نمره فعالیت کلاسی:
نام و نام‌خانوادگی استاد: بهروز آدینه	شماره دانشجویی:	نمره میان‌ترم:
تاریخ امتحان: ۱۳۹۶/۱۰/۲۳	رشته تحصیلی و مقطع: کارشناسی ناپیوسته برق	نمره پایان نیمسال:
ساعت امتحان: ۱۰:۳۰	شماره صندلی:	نمره کل:
امتحان جزوه باز ☐ جزوه بسته ☑	دانشجو مجاز به استفاده از ماشین حساب می‌باشد ☑ نمی‌باشد ☐	

دانشگاه آزاد اسلامی
واحد شهریار

سوال	نمره

در جدول زیر چیزی ننویسید.

سوال ۱	سوال ۲	سوال ۳	سوال ۴	سوال ۵	سوال ۶	جمع
۱۸	۲۵	۱۰	۱۳	۱۰	۲۴	۱۰۰

سوال ۱: برای مدار مغناطیسی شکل زیر داریم:

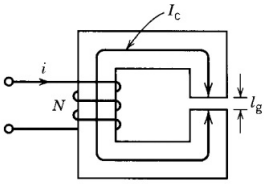
$i = ۱\,A$ جریان، $l_g = ۱\,mm$، طول شکاف هوایی، $l_c = ۵\,cm$، طول متوسط هسته، $N = ۴۰۰$ دور

$\mu_r = ۳۰۰۰$ ضریب نفوذپذیری مغناطیسی نسبی هسته، $A_c = A_g = ۱۵\,cm^۲$ مساحت سطح مقطع

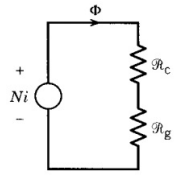
آ- مدار معادل آن را رسم کنید.

ب- شار و چگالی شار در شکاف هوایی را محاسبه کنید.

ج- اندوکتانس سیم‌پیچ را بدست آورید.



حل:



آ-

ب-

$$R_c = \frac{l_c}{\mu_r \mu_. A_c} = \frac{۵ \times ۱۰^{-۲}}{۳۰۰۰ \times ۴\pi \times ۱۰^{-۷} \times ۱۵ \times ۱۰^{-۴}} = ۸/۸۴۲ \times ۱۰^۳ \ \frac{At}{Wb}$$

$$R_g = \frac{l_g}{\mu_. A_g} = \frac{۱ \times ۱۰^{-۳}}{۴\pi \times ۱۰^{-۷} \times ۱۵ \times ۱۰^{-۴}} = ۵۳۰/۵۱۵ \times ۱۰^۳ \ \frac{At}{Wb}$$

$$\phi = \frac{Ni}{R_c + R_g} = \frac{۴۰۰ \times ۱}{(۸/۸۴۲ + ۵۳۰/۵۱۵) \times ۱۰^۳} = ۰/۷۴۱۶ \times ۱۰^{-۳}$$

$$B = \frac{\phi}{A_g} = \frac{۰/۷۴۱۶ \times ۱۰^{-۳}}{۱۵ \times ۱۰^{-۴}} = ۰/۴۹۴۴\,T$$

ج-

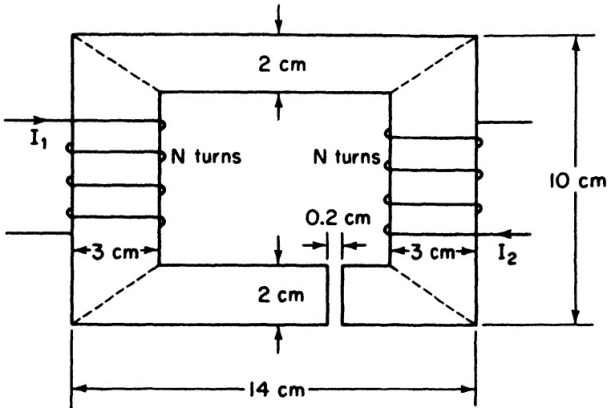
$$L = \frac{N^۲}{R_c + R_g} = \frac{۴۰۰^۲}{(۸/۸۴۲ + ۵۳۰/۵۱۵) \times ۱۰^۳} = ۲۹۶/۶۵ \times ۱۰^{-۳}\,H$$

نمره	سوال

سوال ۲: شکل زیر سازه یک مدار مغناطیسی را نشان می‌دهد و هسته آن از ماده فرومغناطیسی نرم با نفوذپذیری مغناطیسی نسبی ۳۰۰۰ ساخته شده است. ضخامت هسته ۲ سانتی‌متر است و داریم:

$$N = ۵۰۰, \quad I_۱ = ۲\,A, \quad I_۲ = ۲/۲\,A$$

شار در هسته را بیابید. (رسم مدار معادل مغناطیسی الزامی است.)



حل: با توجه به شکل در می‌یابیم که طول متوسط بازوهای عمودی بقرار زیر است: $l_۱ = ۸ \times ۱۰^{-۲}\,m$
از شکل در می‌یابیم که طول متوسط شاخه‌های افقی بقرار زیر است: $l_۲ = ۱۱ \times ۱۰^{-۲}\,m$
طول فاصله هوایی بقرار زیر است: $l_g = ۰/۲ \times ۱۰^{-۲}\,m$
سطح مقطع قسمت‌های مختلف سازه با توجه به شکل و ضخامت هسته به قرار زیر است:

$$A_۱ = ۶ \times ۱۰^{-۴}\,m^۲, \quad A_۲ = ۴ \times ۱۰^{-۴}\,m^۲, \quad A_g = ۴ \times ۱۰^{-۴}\,m^۲$$

مقاومت مغناطیسی هر بازوی عمودی و هر شاخه افقی و فاصله هوایی به قرار زیر است:

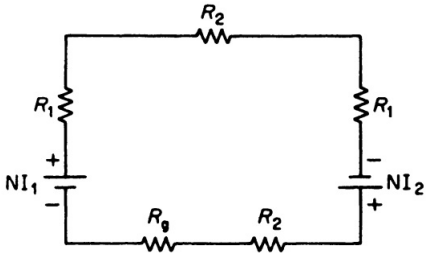
$$R_۱ = \frac{l_۱}{\mu A_۱} = \frac{۸ \times ۱۰^{-۲}}{۳۰۰۰(۴\pi \times ۱۰^{-۷})(۶ \times ۱۰^{-۴})} = ۳۵/۳۶۸ \times ۱۰^{۳}\,\frac{A}{Wb}$$

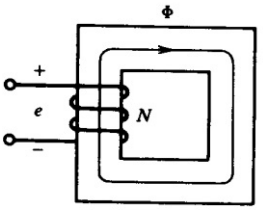
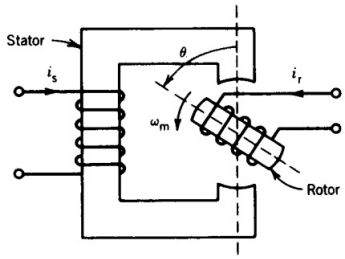
$$R_۲ = \frac{l_۲}{\mu A_۲} = \frac{۱۱ \times ۱۰^{-۲}}{۳۰۰۰(۴\pi \times ۱۰^{-۷})(۴ \times ۱۰^{-۴})} = ۷۲/۹۴۶ \times ۱۰^{۳}\,\frac{A}{Wb}$$

$$R_g = \frac{l_g}{\mu_۰ A_g} = \frac{۰/۲ \times ۱۰^{-۲}}{(۴\pi \times ۱۰^{-۷})(۴ \times ۱۰^{-۴})} = ۳/۹۷۸۹ \times ۱۰^{۶}\,\frac{A}{Wb}$$

مدار معادل این سازه در شکل زیر نشان داده شده است و بسهولت می‌توان گفت:

$$\phi = \frac{N(I_۱ + I_۲)}{۲(R_۱ + R_۲) + R_g} = \frac{۵۰۰(۲ + ۲/۲)}{[۲(۳۵/۳۶۸ + ۷۲/۹۴۶) + ۳/۹۷۸۹ \times ۱۰^{۳}] \times ۱۰^{۳}}$$
$$= ۰/۵۲۴۳ \times ۱۰^{-۳}\,Wb$$



نمره	سوال
	سوال ۳: هسته شکل زیر را در نظر بگیرید. مساحت سطح مقطع آن ۵ سانتی‌متر مربع و طول متوسط هسته ۲۵ سانتی‌متر است. تعداد دور سیم‌پیچ ۵۰۰ دور بوده و از مقاومت سیم‌پیچ صرف‌نظر می‌گردد. اگر بخواهیم مقدار ماکزیمم چگالی شار ۱/۲ تسلا گردد، چه ولتاژی با فرکانس ۶۰ هرتز باید به سیم‌پیچ اعمال شود؟  حل: $$E_{max} = ۴/۴۴ N f A B_{max} = ۴/۴۴ \times ۵۰۰ \times ۶۰ \times ۵ \times ۱۰^{-۴} \times ۱/۲ = ۷۹/۹۲, E = ۷۹/۹۲ \sin(۲\pi ۶۰ t)$$ **سوال ۴:** سیستم شکل زیر را در نظر می‌گیریم و فرض می‌نماییم روتور سیم‌بندی ندارد. به عبارت دیگر در حقیقت یک موتور رلوکتانسی در دسترس داریم. در این سیستم داریم: $$L_{ss} = L_۰ + L_۲ \cos ۲\theta$$ θ زاویه مکانی روتور را نشان می‌دهد. جریان استاتور این چنین است: $$i_s = I_{sm} \sin \omega t$$ آ- گشتاور اعمال شده بر روتور را بیابید. ب- گیریم: $\theta = \omega_m t + \delta$ ω_m سرعت زاویه‌ای روتور و δ وضعیت روتور در لحظه $t = ۰$ است. شرایطی را بیاورید که گشتاور متوسط صفر نباشد و آن را مشخص کنید. 

نمره	سوال

حل:

آ- چون $i_r = ۰$ است، لذا داریم:

$$T = \frac{۱}{۲} i_s^۲ \frac{dL_{ss}}{d\theta} = \frac{۱}{۲} I_{sm}^۲ \sin^۲ \omega \frac{d}{d\theta}(L_۰ + L_۲ \cos ۲\theta) = -I_{sm}^۲ L_۲ \sin ۲\theta \sin^۲ \omega t \,\text{N.m}$$

ب- براحتی داریم:

$$T = -I_{sm}^۲ L_۲ \sin ۲(\omega_m t + \delta) \frac{۱ - \cos ۲\omega t}{۲}$$
$$= \frac{۱}{۲} I_{sm}^۲ L_۲ [\sin ۲(\omega_m t + \delta) - \frac{۱}{۲} \sin ۲\{(\omega_m + \omega)t + \delta\} - \frac{۱}{۲} \sin ۲\{(\omega_m - \omega)t + \delta\}]$$

می‌بینیم با سه جمله سینوسی روبرو هستیم و علی‌القاعده متوسط هر جمله سینوسی صفر است. برای آن که متوسط گشتاور صفر نباشد، باید ضریب t در یکی از این جملات سینوسی صفر باشد. برای این منظور باید دو شرط زیر رخ دهد:

۱- $\omega_m = ۰$

پس گشتاور متوسط در سرعت زاویه‌ای صفر به قرار زیر است:

$$T_{avg} = -\frac{۱}{۲} I_{sm}^۲ L_۲ \sin ۲\delta$$

داریم:

$$L_۲ = \frac{L_d - L_q}{۲} \Rightarrow T_{avg} = -\frac{۱}{۴} I_{sm}^۲ L_۲ (L_d - L_q) \sin ۲\delta$$

۲- $\omega_m = \pm\omega$

در این شرایط داریم:

$$T_{avg} = \frac{۱}{۴} I_{sm}^۲ L_۲ \sin ۲\theta = \frac{۱}{۸} I_{sm}^۲ (L_d - L_q) \sin ۲\theta$$

لذا ماشین رلوکتانسی بشرطی گشتاور متوسط تولید می‌کند که در یکی از دو جهت عقربه ساعت یا خلاف عقربه ساعت بچرخد و سرعت چرخش با سرعت زاویه‌ای جریان که به سرعت سنکرون معروف است مساوی باشد. گشتاور تابعی از $\sin ۲\theta$ بوده و δ وضعیت روتور در زمان $t = ۰$ را نشان می‌دهد و به آن زاویه توان یا زاویه گشتاور نیز گفته می‌شود.

سوال ۵: EMF بردور برای ترانسفورماتور تک‌فاز $۲۳۱۰/۲۲۰V$، $۵۰Hz$ تقریبا ۱۳ ولت است. محاسبه کنید:

آ) تعداد دورهای اولیه و ثانویه،

ب) سطح مقطع خالص هسته برای عبور ماکزیمم چگالی شار مغناطیسی برابر $۱/۴T$.

حل:

آ)

$$E_t = ۱۳V, \quad N_۲ = \frac{۲۲۰}{۱۳} = ۱۶/۹۲ \Rightarrow N_۲ = ۱۸ \Rightarrow N_۱ = N_۲ \frac{V_۱}{V_۲} = ۱۸ \frac{۲۳۱۰}{۲۲۰} = ۱۸۹$$

ب)

$$\sqrt{۲}\pi f \phi_{max} = E_t \Rightarrow \sqrt{۲}\pi f B_{max} A = E_t = \frac{۲۲۰}{۱۸} \Rightarrow A = \frac{۲۲۰}{۱۸ \times \sqrt{۲}\pi \times ۵۰ \times ۱/۴} = ۳۹۳cm^۲$$

سوال ۶: یک ترانسفورماتور تک‌فاز $۳۳kVA$، $۲۲۰۰/۲۲۰V$، $۵۰Hz$ دارای پارامترهای زیر است:

مقاومت سیم‌پیچی اولیه (طرف فشار قوی) : $r_۱ = ۲/۴\Omega$, راکتانس نشتی : $x_۱ = ۶\Omega$

مقاومت سیم‌پیچی ثانویه (طرف فشار ضعیف) : $r_۲ = ۰/۰۳\Omega$, راکتانس نشتی : $x_۲ = ۰/۰۷\Omega$

نمره	سوال
	مطلوبست تعیین مقادیر زیر: ۱- راکتانس نشتی و مقاومت اولیه ارجاع شده به ثانویه، ۲- راکتانس نشتی و مقاومت ثانویه ارجاع شده به اولیه، ۳- راکتانس معادل نشتی و مقاومت معادل ارجاع شده به سمت اولیه، ۴- راکتانس معادل نشتی و مقاومت معادل ارجاع شده به سمت ثانویه. حل: -۱ $r'_۱ = r_۱ \left(\frac{N_۲}{N_۱}\right)^۲ = ۲/۴ \left(\frac{۲۲۰}{۲۲۰۰}\right)^۲ = ۰/۰۲۴\Omega, x'_۱ = x_۱ \left(\frac{N_۲}{N_۱}\right)^۲ = ۶ \left(\frac{۲۲۰}{۲۲۰۰}\right)^۲ = ۰/۰۶\Omega$ -۲ $r'_۲ = r_۲ \left(\frac{N_۲}{N_۱}\right)^۲ = ۰/۰۳ \left(\frac{۲۲۰۰}{۲۲۰}\right)^۲ = ۳\Omega, x'_۲ = x_۲ \left(\frac{N_۲}{N_۱}\right)^۲ = ۰/۰۷ \left(\frac{۲۲۰۰}{۲۲۰}\right)^۲ = ۷\Omega$ -۳ $r_{e۱} = r_۱ + r'_۲ = ۲/۴ + ۳ = ۵/۴\Omega, x_{e۱} = x_۱ + x'_۲ = ۶ + ۷ = ۱۳\Omega$ -۴ $r_{e۲} = r_۲ + r'_۱ = ۰/۰۳ + ۰/۰۲۴ = ۰/۰۵۴\Omega, x_{e۲} = x_۲ + x'_۱ = ۰/۰۷ + ۰/۰۶ = ۰/۱۳\Omega$